

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-195223

(43)Date of publication of application : 09.07.2003

(51)Int.Cl.

G02B 27/28  
G02B 5/04  
G02B 5/18  
G02B 5/30  
G02F 1/13  
G02F 1/13357  
G03B 21/00

(21)Application number : 2002-289146

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 01.10.2002

(72)Inventor : KATSUMATA MASAO  
YAMAMOTO HIDEKI

(30)Priority

Priority number : 2001305811

Priority date : 01.10.2001

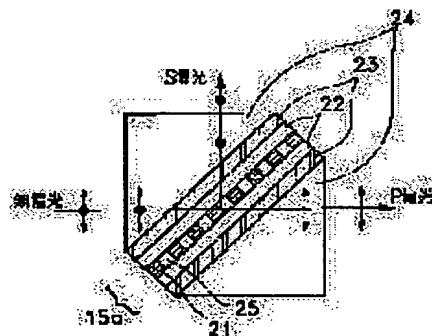
Priority country : JP

## (54) PRISM, PROJECTION DEVICE AND OPTICAL COMPONENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To optimally separate and synthesize a luminous flux of a wide angle of incidence in a prism.

SOLUTION: A diffraction prism 15 of embodiments of the present invention is so constructed that a diffraction grid 21 is sandwiched between a pair of diffraction grid substrates 22, a pair of prism substrates 24 are bonded to the surfaces of the diffraction grid substrates 22 facing the diffraction grid 21 with interposition of flexible adhesive layers 23, and a diffraction grid medium 25 having a refractive index substantially equal to that of the prism substrates 24 is charged in a gap defined by the diffraction grid 21 and the diffraction grid substrates 22, with the respective component members being optically combined together. Thus, an incident light beam is led to the diffraction grid 21 and separated on transmission or reflection corresponding to a polarization direction by the operation of diffraction by the diffraction grid 21.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

BEST AVAILABLE COPY

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-195223

(P2003-195223A)

(43)公開日 平成15年7月9日(2003.7.9)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 0 2 B 27/28		G 0 2 B 27/28	Z 2 H 0 4 2
5/04		5/04	D 2 H 0 4 9
5/18		5/18	2 H 0 8 8
5/30		5/30	2 H 0 9 1
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 2 H 0 9 9
審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 21 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2002-289146(P2002-289146)

(22)出願日 平成14年10月1日(2002.10.1)

(31)優先権主張番号 特願2001-305811(P2001-305811)

(32)優先日 平成13年10月1日(2001.10.1)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 勝間田 匡男

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 山本 英樹

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

最終頁に続く

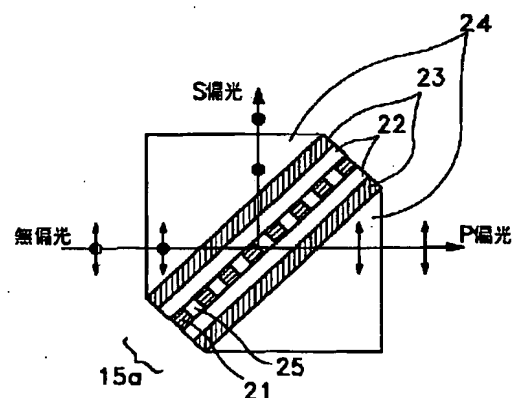
(54)【発明の名称】 プリズム、投影装置及び光学部材

(57)【要約】

【課題】 プリズムにおいて、広い入射角度の光束に対して光束の適切な分離合成を行う。

【解決手段】 本発明を適用した回折プリズム15は、回折グリッド21を一对の回折グリッド基材22により挟み込み、回折グリッド基材22の回折グリッド21と対向する面側に軟性を有する接着層23を介して一对のプリズム基材24が接合されており、また、回折グリッド21と回折グリッド基材22とにより形成される空隙に、プリズム基材24と略同等の屈折率を有する回折グリッド媒質25が充填されており、それぞれが光学的に結合されているので、入射した光線が回折グリッド21まで導かれ、この回折グリッド21により回折による作用で偏光方向に応じて透過又は反射して分離する。

15



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射された光を偏光成分に応じて透過又は反射するプリズムであって、  
金属により形成された略グリッド状の回折グリッドと、  
上記回折グリッドを挟み込む一対の回折グリッド基材と、

上記一対の回折グリッド基材の上記回折グリッドと対向するそれぞれの面側に設けられた接着層と、  
上記接着層を介して上記一対の回折グリッド基材にそれぞれ固定される一対のブロック部材とを備え、  
上記回折グリッドと上記一対の回折グリッド基材とにより形成される空隙に、上記ブロック部材と略同等の屈折率を有する媒質が充填されていることを特徴とするプリズム。

【請求項2】 上記接着層は、軟性を有することを特徴とする請求項1記載のプリズム。

【請求項3】 上記ブロック部材は、互いに略直角に交差する2辺を有する三角形の底面を有する角柱であり、  
上記一対の回折グリッド基材は、それぞれ対応する上記ブロック部材の上記2辺を稜とする側面に対し、当該2

辺以外の1辺を稜とする側面に沿って傾斜して配置されていることを特徴とする請求項1記載のプリズム。  
【請求項4】 上記ブロック部材は、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して交互に積層されてなり、光学的に結合されていることを特徴とする請求項1記載のプリズム。

【請求項5】 上記ブロック部材を形成する少なくとも1つの上記板状部材は、上記軟質接着層を介して積層される2つの積層面の形状が異なり、当該積層面の形状が当該積層面に隣接する他の板状部材の上記積層面の形状と等しいことを特徴とする請求項4記載のプリズム。

【請求項6】 上記ブロック部材は互いに略直角に交差する2辺を有する三角形の底面を有する角柱であり、上記複数の板状部材は、上記回折グリッド基材の接着面と上記積層面が平行になるように、上記軟質接着層を介して交互に積層して構成されていることを特徴とする請求項5記載のプリズム。

【請求項7】 照明光を出射する光源と、  
上記光源から出射された照明光を集光する集光レンズと、  
上記集光レンズからの光を偏光成分に応じて透過又は反射するプリズムと、

上記プリズムで透過又は反射した照明光を変調して反射する光変調素子と、

上記プリズムで反射又は透過した上記光変調素子で変調された反射光を拡大投影する投影レンズとを備え、

上記プリズムは、金属により形成された略グリッド状の回折グリッドと、上記回折グリッドを挟み込む一対の回折グリッド基材と、上記一対の回折グリッド基材の上記回折グリッドと対向するそれぞれの面側に設けられた接

着層と、上記接着層を介して上記一対の回折グリッド基材にそれぞれ固定される一対のブロック部材とを有し、  
上記回折グリッドと上記一対の回折グリッド基材とにより形成される空隙に、上記ブロック部材と略同等の屈折率を有する媒質が充填されている投影装置。

【請求項8】 上記光源と上記プリズムの間に、上記照明光を所定の偏光方向の光として上記プリズムに出力する偏光手段をさらに有することを特徴とする請求項7記載の投影装置。

【請求項9】 上記偏光手段は、上記照明光の偏光成分を揃える偏光変換成素子、又は上記プリズムに入射する上記照明光のうち所定の偏光成分の光を透過させるプリ偏光素子であることを特徴とする請求項8記載の投影装置。

【請求項10】 上記プリズムは、上記接着層が軟性を有する請求項7記載の投影装置。

【請求項11】 上記プリズムは、上記ブロック部材が表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されている請求項7記載の投影装置。

【請求項12】 所定の偏光状態の光が透過して出射される光学部材であって、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とする光学部材。

【請求項13】 少なくとも1つの上記板状部材は、上記軟質接着層を介して積層される2つの積層面の形状が異なり、当該積層面の形状が当該積層面に隣接する他の板状部材の上記積層面の形状と等しいことを特徴とする請求項12記載の光学部材。

【請求項14】 板状基材の上に設けられ、偏光成分に応じて光を透過又は反射する特性を有する光分離層と、  
上記板状基材の光分離層が設けられていない主面側及び上記光分離層の上記板状基材に当接しない主面側に設けられた一対の接着層と、

上記接着層を介して上記光分離層を挟持する一対のブロック部材とを備え、上記ブロック部材は、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とするプリズム。

【請求項15】 上記接着層は、軟性を有することを特徴とする請求項14記載のプリズム。

【請求項16】 上記ブロック部材は、互いに略直角に交差する2辺を有する三角形の底面を有する角柱であることを特徴とする請求項14記載のプリズム。

【請求項17】 上記ブロック部材を形成する少なくとも1つの上記板状部材は、上記軟質接着層を介して積層される2つの積層面の面積が異なり、当該積層面に隣接する他の板状部材の上記積層面は当該積層面とその形状が等しいことを特徴とする請求項14記載のプリズム。

【請求項18】 照明光を出射する光源と、  
上記光源から出射された照明光を集光する集光レンズ

と、

上記集光レンズからの光を偏光成分に応じて透過又は反射するプリズムと、

上記プリズムで透過又は反射した照明光を変調して反射する光変調素子と、

上記プリズムで反射又は透過した上記光変調素子で変調された反射光を拡大投影する投影レンズとを備え、

上記プリズムは、板状基材の上に設けられ、偏光成分に応じて光を透過又は反射する特性を有する光分離層と、

上記板状基材の光分離層が設けられていない主面側及び上記光分離層の上記板状基材に当接しない主面側に設けられた一対の接着層と、上記接着層を介して上記光分離層を挟持する一対のブロック部材とを有し、上記ブロック部材が、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とする投影装置。

【請求項19】 上記光源と上記プリズムの間に、上記照明光を所定の偏光方向の光として上記プリズムに出力する偏光手段をさらに有することを特徴とする請求項18記載の投影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光源から出射された照明光を波長又は偏光成分に応じて分離するプリズムと、光源から出射された照明光を反射型の光変調素子を用いて変調してレンズを用いて拡大投影する投影装置と、これらプリズム及び投影装置に用いられる光学部材に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、大画面表示を可能とするために、入力された映像信号に応じたパターンが表示された液晶パネルにランプから照明光を照射し、液晶パネルで変調し反射して、この反射光を、投影レンズを用いて拡大投影する投影装置がある。

【0003】 この投影装置では、液晶パネルへの照明光と液晶パネルで変調された反射光とが同一光路とならないように、光路中に往路と復路とを分離する偏光ビームスプリッタ（以下では、PBS: Polarized Beam Splitterという。）が配設されている。このPBS200は、図10に示すように、誘電体多層膜201を挟み込むように基材となる一対のコーナプリズム202を張り合わせた構造となっている。また、このPBS200は、誘電体多層膜201が光の波長又は偏光方向に応じて反射率と透過率とが異なるように形成され、波長又は偏光方向に応じて光束を分離するビームスプリッタとして機能する（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】 なお、上述したようなPBS200は、誘電体多層膜201が偏光成分に応じて光束を分離するマクナイル型と、波長に応じて光束を分離するダイクロイック型とに分類することができる。

【0005】 マクナイル型やダイクロイック型のように誘電体多層膜の干渉を利用したPBSでは、基材の屈折率や積層される誘電体材料の組み合わせにより性能が決定され、所望の性能とするには限界がある。例えば、このようなPBSでは、広い入射角度でP偏光とS偏光との分離特性を維持することが非常に困難である。このため、このPBSを角度分布の大きい、いわゆるF値の小さい光学系の中に組み入れると分離特性が悪く、光の利用効率も悪くなってしまふ。

【0006】 その解決策として、図11に示すような、平板形状の回折グリッドPBS210を用いることができる（例えば、特許文献2参照。）。このような回折グリッドPBS210は、例えば、ガラス基材211上に、アルミ等により形成されたグリッド状の回折グリッド212が設けられ、この回折グリッド212により偏光成分に応じて光を分離する。

【0007】

【特許文献1】 特開2000-147246号公報

【特許文献2】 特開平11-6989号公報（第6頁、第12図）

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した回折グリッド212をビームスプリッタとして使用する場合には、この回折グリッドPBS210を主光線に対して斜めに配置することが必要であるため、結像光学系の光学パス内に入れる際には非点収差が発生してしまう。

【0009】 また、マクナイル型やダイクロイック型のプリズムを使用する場合には、プリズムの温度上昇や保持機構によってプリズム内部に歪みが生じ、基材の屈折率分布が不均一になることによって基材を透過する光に位相差が発生し、この影響で部分的に消光比が悪くなる。このようなプリズムを用いた投影装置では、投影される映像にいわゆる黒むらが発生し、鮮明な映像を投影することができなくなってしまう。

【0010】 このため、プリズムの基材としては、プリズム内部の歪みが生じにくい光学弾性定数の低い材料を選択する必要がある。しかし、光学弾性定数の低い材料はコストが高く、このような光学弾性定数の低い材料を用いたプリズム、さらにそのプリズムを用いた投影装置全体のコストも高くなってしまふ。また、光学弾性定数の高い安価なガラス材料では、性能の良いプリズムを作成することは非常に困難である。

【0011】 そこで、本発明は上述した問題を鑑みてなされたものであり、非点収差の発生を抑えるとともに、基材の屈折率分布が均一なプリズム、光学部材、及びこれらを用いた投影装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】 本発明に係るプリズムは、入射された光を偏光成分に応じて透過又は反射する



プリズムであって、金属により形成された略グリッド状の回折グリッドと、回折グリッドを挟み込む一對の回折グリッド基材と、一對の回折グリッド基材の回折グリッドと対向するそれぞれの面側に設けられた接着層と、接着層を介して上記一對の回折グリッド基材にそれぞれ固定される一對のブロック部材とを備え、回折グリッドと一對の回折グリッド基材とにより形成される空隙に、上記ブロック部材と略同等の屈折率を有する媒質が充填されていることを特徴とする。

【0013】 上述したように構成された本発明に係るプリズムは、回折グリッドを一對のブロック部材で挟み込むことにより結像光学系内で非点収差を抑え、入射された光を広い入射角度の範囲で良好な偏光分離特性を維持し、偏光成分に応じて透過又は反射させることができる。

【0014】 また、本発明に係る投影装置は、照明光を出射する光源と、光源から出射された照明光を集光する集光レンズと、集光レンズからの光を偏光成分に応じて透過又は反射するプリズムと、プリズムで透過又は反射した照明光を変調して反射する光変調素子と、プリズムで反射又は透過した光変調素子で変調された反射光を拡大投影する投影レンズとを備え、プリズムが、金属により形成された略グリッド状の回折グリッドと、回折グリッドを挟み込む一對の回折グリッド基材と、一對の回折グリッド基材の回折グリッドと対向するそれぞれの面側に設けられた接着層と、接着層を介して一對の回折グリッド基材にそれぞれ固定される一對のブロック部材とを有し、回折グリッドと一對の回折グリッド基材とにより形成される空隙に、ブロック部材と略同等の屈折率を有する媒質が充填されていることを特徴とする。

【0015】 上述したように構成された本発明に係る投影装置は、光変調素子で変調された反射光がプリズムを透過又は反射する際に、その反射光を良好に偏光分離すると共に、非点収差の発生を抑えて、投影レンズにより映像を投影する。

【0016】 さらに、本発明に係る光学部材は、所定の偏光状態の光が透過して出射される光学部材であって、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とする。

【0017】 上述したように構成された本発明に係る光学部材は、板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることで、応力による内部歪を抑制することで、屈折率分布を均一に保って偏光状態を乱すことなく光を透過させる。

【0018】 さらに、本発明に係るプリズムは、板状基材の上に設けられ、偏光成分に応じて光を透過又は反射する特性を有する光分離層と、板状基材の光分離層が設けられていない主面側及び光分離層の板状基材に当接しない主面側に設けられた一對の接着層と、接着層を介して光分離層を挟持する一對のブロック部材とを備え、プ

ロック部材は、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とする。

【0019】 上述したように構成された本発明に係るプリズムは、板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されたブロック部材を用いて光分離層を挟み込むことにより非点収差を抑えて、入射された光を偏光成分に応じて透過又は反射させ、偏光状態を乱すことなく出射する。

【0020】 さらに、本発明に係る投影装置は、照明光を出射する光源と、光源から出射された照明光を集光する集光レンズと、集光レンズからの光を偏光成分に応じて透過又は反射するプリズムと、プリズムで透過又は反射した照明光を変調して反射する光変調素子と、プリズムで反射又は透過した光変調素子で変調された反射光を拡大投影する投影レンズとを備え、そのプリズムは、板状基材の上に設けられ、偏光成分に応じて光を透過又は反射する特性を有する光分離層と、板状基材の光分離層が設けられていない主面側及び光分離層の板状基材に当接しない主面側に設けられた一對の接着層と、接着層を介して光分離層を挟持する一對のブロック部材とを有し、ブロック部材は、表面を鏡面研磨された複数の板状部材が軟性を有する軟質接着層を介して積層されていることを特徴とする。

【0021】 上述したように構成された本発明に係る投影装置は、光変調素子で変調された反射光がプリズムを透過又は反射する際に、その反射光を良好に偏光分離すると共に、非点収差の発生を抑えて、投影レンズにより映像を投影する。

【0022】

【発明の実施の形態】 以下、本発明が適用されたプロジェクタ装置について、図面を参照して説明する。

【0023】 図1に示すように、本発明が適用されたプロジェクタ装置10は、照明光を出射する光源となるランプ11と、このランプ11側から光路順に、メインコンデンサ12と、フィールドレンズ13と、プリ偏光板14と、回折プリズム15と、反射型液晶パネル16と、投影レンズ17とを備えている。

【0024】 ランプ11は、白色光を発する発光体11aと、発光体11aから発せられた光を反射するリフレクタ11bとを有している。ランプ11の発光体11aとしては、例えば、高圧水銀ランプ、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等が用いられる。ランプ11のリフレクタ11bとしては、凹面鏡が用いられ、その鏡面が周効率のよい形状とされていることが好ましく、例えば、回転方物面や回転楕円面のような回転対称面の形状とされている。

【0025】 メインコンデンサ12は、ランプ11から出射した照明光を集光する凸レンズにより構成されている。

【0026】フィールドレンズ13は、凸レンズにより構成され、メインコンデンサ12を透過した照明光を集光し、その照明光による光束が反射型液晶パネル16により変調されて投影レンズ17を介して出力されるように配置されている。

【0027】プリ偏光板14は、フィールドレンズ13を透過した照明光を所定の偏光成分のみ透過させる偏光板であり、例えばS偏光の成分を透過させるようになっている。

【0028】回折プリズム15は、プリ偏光板14を透過した照明光の偏光成分に応じて、この照明光を透過又は反射させて分離するようにされている。回折プリズム15は、例えば、P偏光を透過させるとともに、S偏光を光路に対して45°傾いた反射面15aで反射させ進行方向を90°変化させる。

【0029】回折プリズム15では、プリ偏光板14を透過した照明光が、回折プリズム15を透過して直進する光と、反射面15aで反射して進行方向が90°変化する光とに分離される。

【0030】また、プロジェクタ装置10は、回折プリズム15の反射面15aで反射された照明光の進行方向に反射型液晶パネル16を備えている。

【0031】反射型液晶パネル16は、映像信号が入力され、この映像信号に基づいたパターンを表示し、照明光が入射されることにより、この照射光を変調し反射するようにされている。この反射型液晶パネル16は、液晶分子が封入された液晶パネルであり、各画素ごとに光を変調することができる。

【0032】また、回折プリズム15では、反射型液晶パネル16で変調された反射光が反射面15aを透過して直進する。

【0033】さらに、プロジェクタ装置10は、回折プリズム15の反射面15aを透過した反射型液晶パネル16で変調された反射光の進行方向に、投影レンズ17を備えている。

【0034】投影レンズ17は、回折プリズム15の反射面15aを透過した反射型液晶パネル16で変調された反射光を拡大投影することができるようにされた凸レンズであり、図示しないスクリーン等に映像を投影することができるようにされている。

【0035】ここで、上述した回折プリズム15の構成について説明する。

【0036】回折プリズム15は、図2に示すように、入射した光を回折させる回折グリッド21と、この回折グリッド21を挟み込む一対の回折グリッド基材22と、この回折グリッド基材22の回折グリッド21と対向する面側にそれぞれ接着層23を介して接合された一対のプリズム基材24とを備えている。

【0037】回折グリッド21は、一対の回折グリッド基材22の間に略グリッド状に金属によって形成されて

いる。また、回折グリッド21は、例えば、アルミによって形成されている。なお、回折グリッド21は、アルミに限定されるものではなく、光学系に応じて他の材料を用いるようにしてもよい。

【0038】回折グリッド基材22は、例えば、ガラス等の薄い平板であり、回折グリッド21を挟み込むようになっている。

【0039】接着層23は、軟性を有する軟質接着剤により形成されており、例えば、ゴム性を有するUV接着剤や、ゴム性を有するシリコン接着剤などが用いられる。また、接着層23は、回折グリッド基材22の回折グリッド21と対向する面側にそれぞれ設けられている。

【0040】プリズム基材24は、例えば、複屈折性の少ない石英やショット社製SF57等の硝材により形成されており、略角柱形状を有した、いわゆるコーナープリズムである。この実施形態においてプリズム基材24は、略直角三角形の形状をした底面の三角柱の形状をなし、プリズム基材24の底面において略直角に交差する短辺を稜とする方形の側面に対し、回折グリッド基材22が長辺を稜とする側面に沿って傾斜して配置されている。

【0041】また、回折グリッド21と回折グリッド基材22との空隙には、回折グリッド21と回折グリッド基材22とを光学的に結合する回折グリッド媒質25が充填されている。なお、回折グリッド21と回折グリッド基材22との空隙に回折グリッド媒質25が充填されていない場合には、この空隙がエアギャップとなり、空気と回折グリッド基材22の界面において屈折率の差による反射が起こり、分離特性が著しく悪化する。

【0042】ここで、回折グリッド基材22と回折グリッド媒質25とは、プリズム基材24と略同程度の屈折率として設計、作成され、且つプリズム基材24、回折グリッド基材22の界面が接着層23により光学的に結合されている。すなわち金属により形成された回折グリッド21のピッチや高さを、回折グリッド媒質25やガラス等で構成される回折グリッド基材22にあわせて、所定の偏光分離特性が得られるように設定し、光学的に結合された回折グリッド21を作成する。

【0043】このような回折プリズム15では、無偏光光が入射すると、全ての界面が上述の通り光学的に結合されているので、内部での反射を受けずに回折グリッド21に達し、この回折グリッド21により回折の影響を受けてS偏光が反射面15aで反射し、P偏光が反射面15aを透過することで、P偏光とS偏光との分離が良好に行われる。

【0044】以上のように回折プリズム15は、回折グリッド21及び回折グリッド基材22により形成され、広い入射角度における分離特性に優れた回折グリッドPBSを、接着層23を介してプリズム基材24で挟み込

む構成とされているために、広い入射角度における分離特性に優れ、且つ結像光学系内に用いても非点収差の発生を抑制することができる。

【0045】また、回折プリズム15は、回折グリッド基材22、回折グリッド媒質25やプリズム基材24等について、それぞれの構成要素の材料の組み合わせ自由度が高く所望の特性を得やすいため、様々な光学系において容易に用いることができる。

【0046】さらに、回折プリズム15は、広い入射角度における分離特性に優れているために、高級な硝材、すなわち屈折率がそれほど高くない基材を用いても、所望の特性を得ることができるため、誘電体多層膜によるPBSと比較して低コストで同等の性能を得ることができる。また、屈折率の高い硝材は比重が重いので、この回折プリズム15では、一般的に屈折率を少しでも低くすることで軽量化を図ることができる。

【0047】さらにまた、回折プリズム15は、回折グリッド基材22とプリズム基材24と間に軟性を有する接着層23が設けられているため、この回折プリズム15に発生する応力を緩和することができ、光学的な歪を低減することができる。

【0048】ここで、上述したように構成されたプロジェクタ装置10について、ランプ11から出射した照明光の光路に沿って各部の動作を説明する。

【0049】ランプ11から出射した照明光は、無偏光光としてメインコンデンサ12に入射する。

【0050】次に、メインコンデンサ12に入射した照明光は、メインコンデンサ12により集光されてフィールドレンズ13に導かれ、フィールドレンズ13により集光されプリ偏光板14に導かれる。

【0051】次に、プリ偏光板14に導かれた照明光は、例えば、S偏光の成分だけ透過して回折プリズム15に導かれる。

【0052】次に、回折プリズム15に導かれた照明光は、S偏光であり、回折プリズム15の反射面15aにおいて不要なP偏光だけが透過して直進するとともに、S偏光が反射面15aにより反射され進行方向を90°変化させる。すなわち、照明光は、回折プリズム15の反射面15aで反射されて進行方向を90°変化させ反射型液晶パネル16に導かれる。

【0053】次に、反射型液晶パネル16に導かれた照明光は、S偏光であり、映像信号に基づくパターンが表示された反射型液晶パネル16により変調され反射されて進行方向を180°変化させ、この際にP偏光が生成され、回折プリズム15に戻される。

【0054】次に、回折プリズム15に戻された反射型液晶パネル16からの反射光は、P偏光と、不要なOFF光であるS偏光とであり、P偏光が回折プリズム15の反射面15aを透過して投影レンズ17に導かれ、S偏光が反射面15aで反射され進行方向を90°変化さ

せ、ランプ11側に戻される。

【0055】以上のように、ランプ11から出射された照明光は、回折プリズム15により反射型液晶パネル16に導かれ、反射型液晶パネル16により変調され反射される。そして、反射型液晶パネル16で変調された反射光は、投影レンズ17に導かれ、この投影レンズ17によりスクリーン等に拡大投影される。

【0056】以上のようにプロジェクタ装置10は、回折グリッド21を有する回折プリズム15を用いることにより、光の入射角に対する偏光分離特性の依存性が少なくなり、高いNAでの分離特性の維持が可能であるため、コントラストの良い映像を投影することができ、また光の利用効率も向上し、明るい映像を投影することができる。

【0057】また、プロジェクタ装置10は、回折プリズム15を用いることにより、従来の平板状の回折グリッドPBSだけでは、結像光学系内において発生してしまう非点収差を抑制することができるので、鮮明な映像を投影することができる。

【0058】さらに、プロジェクタ装置10は、上述したように回折プリズム15が低コストで、且つ軽量に作成することができるため、装置全体のコストと重量を低減することができる。

【0059】さらにまた、プロジェクタ装置10は、回折プリズム15が光学的な歪を低減することができるため、投影する映像の黒むらを抑制することができる。

【0060】次に、本発明を適用した他のプロジェクタ装置として、図3に示す、プロジェクタ装置30について説明する。

【0061】プロジェクタ装置30は、照明光を出射する光源となるランプ31と、このランプ31側から光路順に、メインコンデンサ32と、フィールドレンズ33と、プリ偏光板34と、回折プリズム35とを備えている。

【0062】ランプ31は、白色光を出射することができるようにされている。このようなランプ31は、白色光を発する発光体31aと、発光体31aから発せられた光を反射するリフレクタ31bとを有している。ランプ31の発光体31aとしては、例えば、高圧水銀ランプ、ハロゲンランプ、メタルハライドランプ、キセノンランプ等が用いられる。ランプ31のリフレクタ31bとしては、凹面鏡が用いられ、その鏡面が周効率のよい形状とされていることが好ましく、例えば、回転方物面や回転楕円面のような回転対称面の形状とされている。

【0063】メインコンデンサ32は、ランプ31から出射した照明光を集光する凸レンズである。

【0064】フィールドレンズ33は、メインコンデンサ32を透過した照明光を集光する凸レンズである。

【0065】プリ偏光板34は、フィールドレンズ33を透過した照明光を所定の偏光成分のみ透過させる偏光



素子であり、例えばS偏光の成分を透過させるようになっている。なお、この偏光素子としてPBSを用いてもよい。

【0066】回折プリズム35は、プリ偏光板34を透過した照明光の偏光成分に応じて、この照明光を透過又は反射させて分離するようにされている。回折プリズム35は、例えば、P偏光を透過させるとともに、S偏光を光路に対して45°傾いた反射面35aで反射させ進行方向を90°変化させる。

【0067】回折プリズム35では、プリ偏光板34を透過した照明光が、回折プリズム35を透過して直進する光と、反射面35aで反射して進行方向が90°変化する光とに分離される。

【0068】また、プロジェクタ装置30は、回折プリズム35の反射面35aで反射された照明光の進行方向に反射型液晶パネル36を備えている。

【0069】反射型液晶パネル36は、映像信号が入力され、この映像信号に基づいたパターンを表示し、照明光が入射されることにより、この照射光を変調し反射するようにされている。この反射型液晶パネル36は、液晶分子が封入された液晶パネルであり、各画素ごとに光を変調することができる。

【0070】また、回折プリズム35では、反射型液晶パネル36で変調された反射光が反射面35aを透過して直進する。

【0071】さらに、プロジェクタ装置30は、回折プリズム35の反射面35aを透過した反射型液晶パネル36で変調された反射光の進行方向に、投影レンズ37を備えている。

【0072】投影レンズ37は、回折プリズム35の反射面35aを透過した反射型液晶パネル36で変調された反射光を拡大投影することができるようにされた凸レンズであり、図示しないスクリーン等に映像を投影することができるようにされている。

【0073】ところで、上述したような回折プリズム35等の光学部材は、光源からの光による加熱や、装置に固定又は接着する際の外部からの保持力や接着力等により、応力を受け光学的な歪みが発生する。

【0074】そこで、図4に示すように、光学部材40を複数の平板部材41に分割し、軟質接着層42を介して積層することで、このような問題を解決することができる。

【0075】すなわち、光学部材40は、複数の平板部材41と、これらを接着する軟性を有する軟質接着層42とを備えている。平板部材41は、表面が鏡面研磨された部材であり、光学部材40と略同等の材質からなる。軟質接着層42は、軟性を有する軟質接着剤により形成されており、例えば、ゴム性を有するUV接着剤や、ゴム性を有するシリコン接着剤などが用いられる。

【0076】このように構成された光学部材40は、平

板部材41と軟質接着層42との界面が光学的に結合されており、1つの部材として機能する。

【0077】また、光学部材40は、構成する部材を複数の平板部材41に分割して、その界面に軟質接着層42を挿入することで、界面方向に加わる応力を軟質接着層42により逃がして、光学的な歪の発生を抑制することができる。すなわち、光学部材40全体での光学弾性定数を低下させることができる。言い換えると、光学弾性定数の高い部材を上述したように複数の平板部材41に分割することにより、光学弾性定数の低い光学部材40を作成することができる。

【0078】以上のように、所定の光学部材の応力を逃がすために光学部材を複数の平板に分割し、これら平板同士の界面を、軟性を有する接着剤で光学的に接合することで、界面方向に加わる応力を接着材により逃がして、光学的な歪の発生を抑制することができる。従って、入射した光がその光学部品を通過する経路において、偏光分離層等で分離されて例えばS偏光又はP偏光のような所定の偏光状態の光となっても、光学的な歪に伴う偏光方向の乱れを起こすことなくその光を透過して出射させることができる。

【0079】さらに、例えば三角柱や角錐等の形状の光学部材をその断面形状が徐々に変化する複数の平板部材に分割し、その平板部材を、軟性接着剤を介して積層して構成した場合に、すなわち、各平板部材が軟性を有する接着剤を介して積層される2つの積層面の形状が異なり、その積層面は隣接する他の平板部材の積層面とその形状が等しくされている場合に、寸法の異なる各平板部材の温度変化等による応力が軟性を有する接着剤により吸収されるため好適である。

【0080】そこで、上述したような手法を上述したプロジェクタ装置30では、回折プリズム35に用いる。

【0081】ここで、上述した回折プリズム35の構成について説明する。

【0082】回折プリズム35は、図5に示すように、回折グリッド51と、この回折グリッド51を挟み込む一対の回折グリッド基材52と、この回折グリッド基材52の回折グリッド51と対向する面側にそれぞれ接着層53を介して接合された一対のプリズム基材54とを備えている。

【0083】回折グリッド51は、一対の回折グリッド基材52の間に略グリッド状に金属によって形成されている。また、回折グリッド51は、例えば、アルミによって形成されている。なお、回折グリッド51は、アルミに限定されるものではなく、光学系に応じて他の材料を用いることができる。

【0084】回折グリッド基材52は、例えば、ガラス等の薄い平板であり、回折グリッド51を挟み込むようになっている。

【0085】接着層53は、軟性を有する軟質接着剤に

より形成されており、例えば、ゴム性を有するUV接着剤や、ゴム性を有するシリコン接着剤などが用いられる。また、接着層53は、回折グリッド基材52の回折グリッド51と対向する面側にそれぞれ設けられている。

【0086】プリズム基材54は、略角柱形状を有した、いわゆるコーナープリズムである。

【0087】また、プリズム基材54は、表面が鏡面研磨された複数の平板部材55が軟質接着層56を介して接合された構成とされており、各平板部材55が軟質接着層56を介して光学的に結合されている。

【0088】軟質接着層56は、軟性を有する軟質接着剤により形成されており、例えば、ゴム性を有するUV接着剤や、ゴム性を有するシリコン接着剤などが用いられる。

【0089】この実施形態では、その底面の形が略直角三角形である三角柱状のプリズム基材54を、その断面が方形をなす複数の平板部材55に分割して構成している。この場合、少なくとも1つの平板部材55は、軟質接着層56を介して積層される2つの積層面の形状が異なり、その積層面は隣接する他の平板部材55の積層面とその形状が等しくされている。これら異なる形状の複数の平板部材55を積み重ねることにより、全体として三角柱状のプリズム基材54を構成している。このように構成されたプリズム基材54は、平板部材55とが軟質接着層56との界面が光学的に結合されており、1つのプリズムとして機能する。

【0090】さらに、プリズム基材54を構成する複数の平板部材55は、回折グリッド基材52の接着層53と軟質接着層56が平行となる方向に配置されているので、回折グリッド基材52と平板部材55が互いの平面を対向させて接着層53を介して良好に光学的に結合させることができる。

【0091】また、回折グリッド51と回折グリッド基材52との空隙には、回折グリッド媒質57が充填されている。なお、回折グリッド51と回折グリッド基材52との空隙に回折グリッド媒質57が充填されていない場合には、この空隙がエアギャップとなり、空気と回折グリッド基材52の界面において屈折率の差による反射が起こり、分離特性が著しく悪化する。

【0092】ここで、回折グリッド基材52と回折グリッド媒質57とは、プリズム基材54と略同程度の屈折率として設計、作成され、且つ、プリズム基材54と回折グリッド基材52の界面が接着層53により光学的に結合されている。

【0093】このような回折プリズム35では、無偏光光が入射すると、全ての界面が上述の通り光学的に結合されているので、内部での反射を受けずに回折グリッド51に達し、この回折グリッド51により回折の影響を受けてS偏光が反射面35aで反射し、P偏光が反射面

35aを透過することで、P偏光とS偏光との分離が行われる。

【0094】このような回折プリズム35は、回折グリッド51及び回折グリッド基材52により形成され、広い入射角度における分離特性に優れた回折グリッドPBSを、接着層53を介してプリズム基材54で挟み込む構成とされているために、広い入射角度における分離特性に優れ、且つ結像光学系内に用いても非点収差の発生を抑制することができる。

【0095】また、回折プリズム35は、広い入射角度における分離特性に優れているために、高級な硝材、すなわち屈折率がそれほど高くない基材を用いても、所望の特性を得ることができるため、誘電体多層膜によるPBSと比較して低コストで同等の性能を得ることができる。また、屈折率の高い硝材は比重が重いので、この回折プリズム35では、一般的に屈折率を少しでも低くすることで軽量化を図ることができる。

【0096】さらに、回折プリズム35は、それぞれの構成要素の材料の組み合わせ自由度が高く所望の特性を得やすいため、様々な光学系において容易に用いることができる。

【0097】さらにまた、回折プリズム35は、回折グリッド基材52とプリズム基材54と間に軟性を有する接着層53が設けられているため、この回折プリズム35に発生する応力を低減することができ、光学的な歪を低減することができる。

【0098】さらにまた、回折プリズム35は、プリズム基材54が複数の平板部材55の間に軟質接着層56が設けられているため、この回折プリズム35に発生する応力をさらに低減することができ、光学的な歪を低減することができる。

【0099】ここで、上述したように構成されたプロジェクタ装置30について、ランプ31から出射した照明光の光路に沿って各部の動作を説明する。

【0100】ランプ31から出射した照明光は、無偏光光としてメインコンデンサ32に入射する。

【0101】次に、メインコンデンサ32に入射した照明光は、メインコンデンサ32により集光されてフィールドレンズ33に導かれ、フィールドレンズ33により集光されプリ偏光板34に導かれる。

【0102】次に、プリ偏光板34に導かれた照明光は、例えば、S偏光の成分だけ透過して回折プリズム35に導かれる。

【0103】次に、回折プリズム35に導かれた照明光は、S偏光であり、回折プリズム35の反射面35aにおいて不要なP偏光だけが透過して直進するとともに、S偏光が反射面35aにより反射され進行方向を90°変化させる。すなわち、照明光は、回折プリズム35の反射面35aで反射されて進行方向を90°変化させ反射型液晶パネル36に導かれる。

面 106a を透過した第 1 の液晶パネル 108 で変調された反射光と、PBS 106 の反射面 106a を透過した第 2 の液晶パネル 109 で変調された反射光と、PBS 106 の反射面 106a を透過した第 3 の液晶パネル 110 で変調された反射光とをともに拡大投影することができるようにされた凸レンズであり、図示しないスクリーン等に映像を投影することができるようにされている。

【0258】上述したように構成されたプロジェクタ装置 100 について、ランプ 101 から出射した照明光の光路に沿って各部の動作を説明する。

【0259】ランプ 101 から出射した照明光は、光の 3 原色となる赤、緑、青の波長帯域を含み、無偏光光としてフライアイインテグレート 102 に導かれる。

【0260】次に、フライアイインテグレート 102 に導かれた照明光は、フライアイインテグレート 102 により照度分布を均一化され透過し、PS 変換合成素子 103 に入射する。

【0261】次に、PS 変換合成素子 103 に入射した照明光は、S 偏光がそのまま透過するとともに、P 偏光が S 偏光に変換されて、全て S 偏光としてメインコンデンサ 104 に入射する。

【0262】次に、メインコンデンサ 104 に入射した照明光は、メインコンデンサ 104 により集光されてフィールドレンズ 105 に導かれる。

【0263】次に、フィールドレンズ 105 に導かれた照明光は、フィールドレンズ 105 により第 1 の液晶パネル 108 と第 2 の液晶パネル 109 と第 3 の液晶パネル 110 とに集光するように PBS 106 に導かれる。

【0264】次に、PBS 106 に導かれた照明光は、赤、緑、青の波長帯域全てを含む S 偏光であり、PBS 106 の反射面 106a で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化され、分離合成プリズム 107 に導かれる。

【0265】次に、分離合成プリズム 107 に入射した照明光は、赤、緑、青の波長帯域全てを含む S 偏光であり、青の波長帯域が反射面 107a により反射され進行方向を  $90^\circ$  変化され第 1 の液晶パネル 108 に導かれ、緑の波長帯域が反射面 107a 及び反射面 107b を透過して直進し第 2 の液晶パネル 109 に導かれ、赤の波長帯域が反射面 107b で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化され第 3 の液晶パネルに導かれる。なお、青の波長帯域の照明光と赤の波長帯域の照明光とは、進行方向が  $180^\circ$  異なるように分離される。

【0266】次に、上述した分離合成プリズム 107 により分離された照明光のうち、分離合成プリズム 107 の反射面 107a で反射して第 1 の液晶パネル 108 に導かれた照明光は、青の波長帯域の S 偏光であり、青色の映像信号に基づくパターンが表示された第 1 の液晶パネル 108 により変調され反射されて進行方向を  $180^\circ$  変化させ、この際に P 偏光が生成され、分離合成プリ

ズム 107 に戻される。また、上述した分離合成プリズム 107 により分離された照明光のうち、分離合成プリズム 107 の反射面 107a 及び反射面 107b を透過して第 2 の液晶パネル 109 に導かれた照明光は、緑の波長帯域の S 偏光であり、緑色の映像信号に基づくパターンが表示された第 2 の液晶パネル 109 により変調され反射されて進行方向を  $180^\circ$  変化させ、この際に P 偏光が生成され、分離合成プリズム 107 に戻される。

【0267】さらに、上述した分離合成プリズム 107 により分離された照明光のうち、分離合成プリズム 107 の反射面 107b で反射して第 3 の液晶パネル 110 に導かれた照明光は、赤の波長帯域の S 偏光であり、赤色の映像信号に基づくパターンが表示された第 3 の液晶パネル 110 により変調され反射されて進行方向を  $180^\circ$  変化させ、この際に P 偏光が生成され、分離合成プリズム 107 に戻される。

【0268】次に、分離合成プリズム 107 に戻された第 1 の液晶パネル 108 からの反射光は、青の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、反射面 107a で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化されて PBS 106 に戻される。

【0269】また、分離合成プリズム 107 に戻された第 2 の液晶パネル 109 からの反射光は、緑の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、反射面 107a 及び反射面 107b を透過して直進し PBS 106 に戻される。

【0270】さらに、分離合成プリズム 107 に戻された第 3 の液晶パネル 110 からの反射光は、赤の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、反射面 107b で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化されて PBS 106 に戻される。

【0271】次に、PBS 106 に戻された第 1 の液晶パネル 108 からの反射光は、青の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、P 偏光が PBS 106 の反射面 106a を透過して投影レンズ 111 に導かれ、OFF 光である S 偏光が反射面 106a で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化させランプ 101 側に戻される。

【0272】また、PBS 106 に戻された第 2 の液晶パネル 109 からの反射光は、緑の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、P 偏光が PBS 106 の反射面 106a を透過して投影レンズ 111 に導かれ、OFF 光である S 偏光が反射面 106a で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化させランプ 101 側に戻される。

【0273】さらに、PBS 106 に戻された第 3 の液晶パネル 110 からの反射光は、赤の波長帯域の P 偏光と OFF 光である S 偏光とであり、P 偏光が PBS 106 の反射面 106a を透過して投影レンズ 111 に導かれ、OFF 光である S 偏光が反射面 106a で反射され進行方向を  $90^\circ$  変化させランプ 101 側に戻される。

【0274】以上のように、分離合成プリズム 107 に

より3つの光路に分離されたそれぞれの波長帯域の光は、照明光としてそれぞれの波長帯域に対応した液晶パネルに入射され、それぞれの液晶パネルにより変調され反射される。そして、それぞれの液晶パネルで変調された反射光は、分離合成プリズム107で合成されて投影レンズ111に導かれ、この投影レンズ111によりスクリーン等に拡大投影される。

【0275】このような、プロジェクタ装置100は、PBS106に、上述した回折プリズム15又は回折プリズム35を用いることで、上述したプロジェクタ装置10及び／又はプロジェクタ装置30と同等の効果を

得ることができる。  
【0276】なお、上述では、光変調素子として液晶パネルを用いているが、これに限定されるものではなく、偏光状態を空間的に変調する素子であれば、その種類を問わない。

【0277】また、図5及び図6に示される回折グリッド51、回折グリッド基材52に代えて、板状の透明基材の上に波長成分に応じて光を透過又は反射する特性を有する光分離層を形成し、プリズム基材54を、複数の平板部材55が軟質接着層56を介して接合された構成としてもよい。もちろん光分離層は板状の透明部材を介さずに所定の平板部材55の上に直接形成してもよい。

【0278】

【発明の効果】以上で説明したように、本発明に係るプリズムは、広い入射角度における光束の分離特性に優れ、且つ結像光学系内に用いても非点収差の発生を抑制することができる。また、分離特性に優れているために屈折率の高い基材を用いずとも所望の特性を得ることができるので、誘電体多層膜によるPBSと比較して低コストで同等の性能を得ることができる。また、屈折率の高い基材を用いなくても良いことから低コスト化及び軽量化を図ることができる。さらに、それぞれの構成要素の材料の組み合わせ自由度が高く所望の特性を得やすいため、様々な光学系において容易に用いることができる。

【0279】また、グリッド基材とプリズム基材と間に軟性を有する接着層が設けられているため、内部に発生する応力を低減することができ、光学的な歪を低減することができる。また、プリズム基材が複数の平板部材を軟質接着層を介して光学的に結合されているため内部に発生する応力をさらに低減することができ、光学的な歪を低減することができる。

【0280】また、本発明に係る投影装置は、上述のプリズムを用いることにより、高いNAでの分離特性の維\*

\*持が可能であるため、コントラストの良い映像を投影することができ、また光の利用効率も向上し、明るい映像を投影することができる。また、上述のプリズムを用いることにより、結像光学系内での非点収差の発生を抑制することができるので、鮮明な映像を投影することができる。さらに、上述のプリズムを用いることにより低コスト化及び軽量化を図ることができる。

【0281】また、プリズムが光学的な歪を低減することができるため、投影する映像の黒むらを抑制することができる。また、熱の応力による歪みも抑制することができるので、このプリズムに入力する光量を上げることによる熱の発生の影響が低減できるため、光源から出射すること光量を上げて投影する映像の明るさを向上させることができる。

【0282】また、本発明に係る光学部材は、構成する部材を複数の平板部材に分割して、その界面に軟性を有する接着層を挿入することで、界面方向に加わる応力を軟質接着層により逃がして、光学的な歪の発生を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用されたプロジェクタ装置の構成を示す図である。

【図2】本発明が適用されたプリズムの構成を示す図である。

【図3】本発明が適用されたプロジェクタ装置の他の構成を示す図である。

【図4】本発明が適用された光学部材の構成を示す図である。

【図5】本発明が適用されたプリズムのコーナープリズムが積層構造である構成を示す図である。

【図6】本発明が適用されたプリズムのコーナープリズムが積層構造である他の構成を示す図である。

【図7】本発明が適用されたプロジェクタ装置構成における他の構成を示す図である。

【図8】本発明が適用されたプロジェクタ装置構成におけるさらに他の構成を示す図である。

【図9】本発明が適用されたプロジェクタ装置構成におけるさらに他の構成を示す図である。

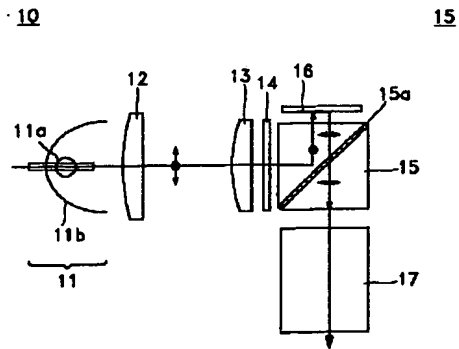
【図10】従来のPBSの構成を示す図である。

【図11】従来の回折グリッドPBSを示す図である。

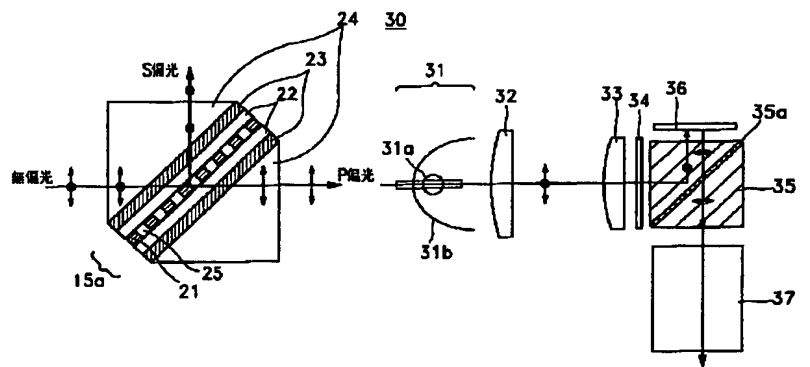
【符号の説明】

15 回折プリズム、21 回折グリッド、22 回折グリッド基材、23 接着層、24 プリズム基材、25 回折グリッド媒質

【図 1】

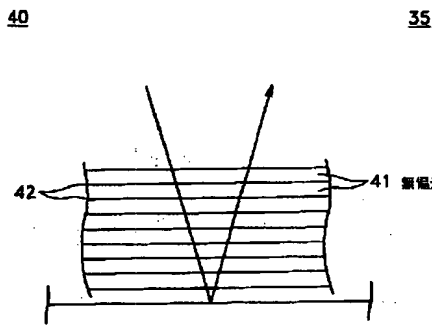


【図 2】

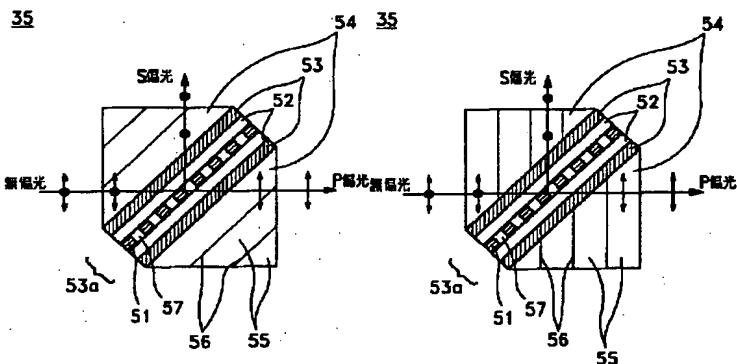


【図 3】

【図 4】

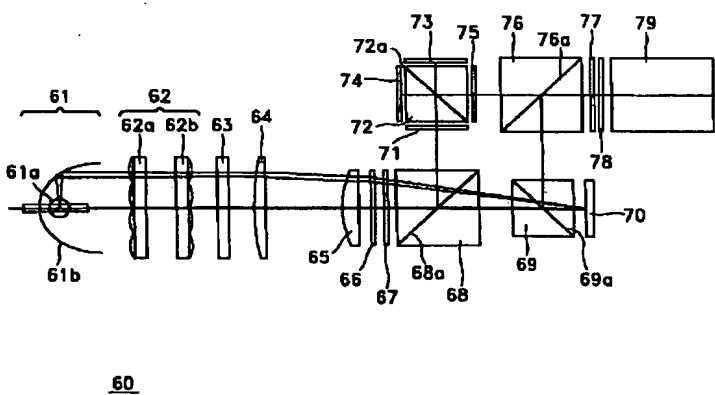


【図 5】

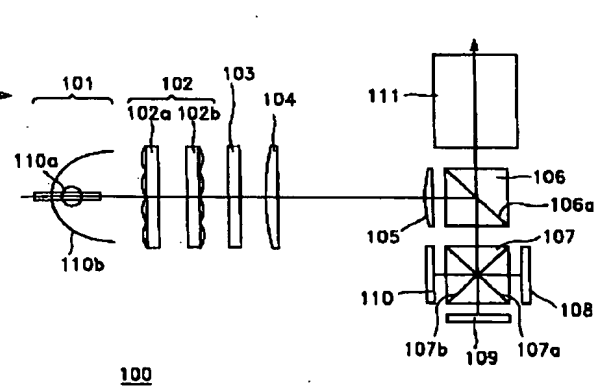


【図 6】

【図 7】

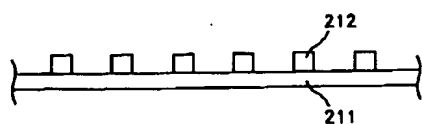


【図 9】

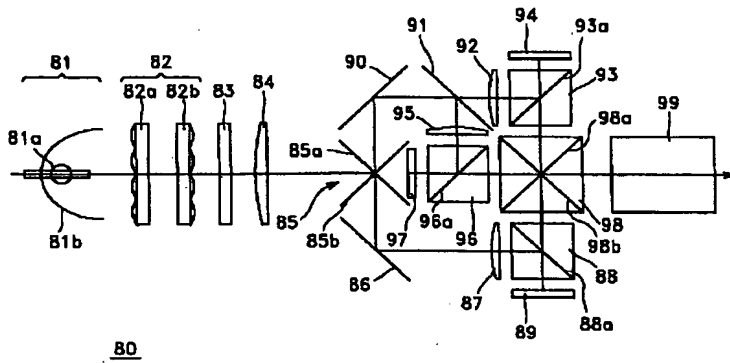


【図 11】

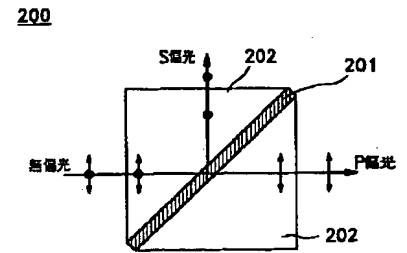
210



【図8】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 2 F 1/13357

G 0 3 B 21/00

識別記号

F I

G 0 2 F 1/13357

G 0 3 B 21/00

テーマコード(参考)

2 K 1 0 3

E

Fターム(参考) 2H042 CA06 CA14 CA17  
 2H049 BA05 BA45 BB03 BC21  
 2H088 EA12 HA23 MA20  
 2H091 FA21X FA26Z FA41Z FB07  
 FB08 FD14 LA16 MA07  
 2H099 AA12 BA09 BA17 CA17 DA05  
 2K103 AA01 AA05 AA11 AA14 AB01  
 AB04 AB08 BC15 BC16 BC20  
 CA75

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**